

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-033053

(43)Date of publication of application : 31.01.2003

(51)Int.CI.

H02N 2/00

(21)Application number : 2001-221333

(71)Applicant : MINOLTA CO LTD

(22)Date of filing : 23.07.2001

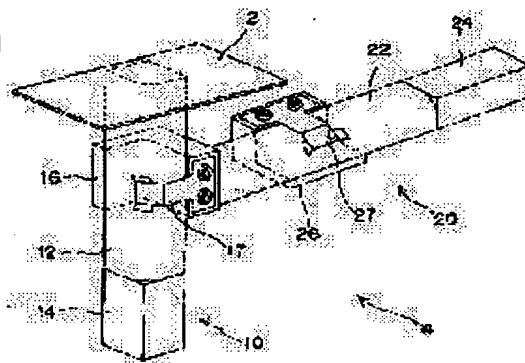
(72)Inventor : HATA YOSHIKI

## (54) MULTIDEGREE-OF-FREEDOM DRIVING MECHANISM

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a multidegree-of-freedom driving mechanism which can prevent the malfunction with simple constitution.

**SOLUTION:** This multidegree-of-freedom driving mechanism includes at least, first and second actuators which have driven members 16 and 26 frictionally engaging with drive shafts 12 and 22, where electromechanical converting elements 14 and 24 are fixed at one end each, and can shift the driven members 16 and 26 along the drive shafts 12 and 22, causing vertical resonance in the drive shafts 12 and 22 by the electromechanical converting elements 14 and 24. The other end of the drive shaft 22 of the second actuator 20 is fixed to the driven member 16 of the first actuator 10 directly or via another actuator. The first and second actuators 10 and 20 are constituted so that the resonance frequency of each drive shaft 12 and 22 may be different to each other.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-33053

(P2003-33053A)

(43)公開日 平成15年1月31日(2003.1.31)

(51)Int. C1.<sup>7</sup>

H 02 N 2/00

識別記号

F I

H 02 N 2/00

マーク(参考)

C 5H680

審査請求 未請求 請求項の数 4

O L

(全6頁)

(21)出願番号 特願2001-221333(P2001-221333)

(22)出願日 平成13年7月23日(2001.7.23)

(71)出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72)発明者 秦 良彰

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

(74)代理人 100062144

弁理士 青山 葵 (外2名)

Fターム(参考) 5H680 BB13 DD02 DD23 DD65 DD73

EE10 FF02 FF04 FF08 FF26

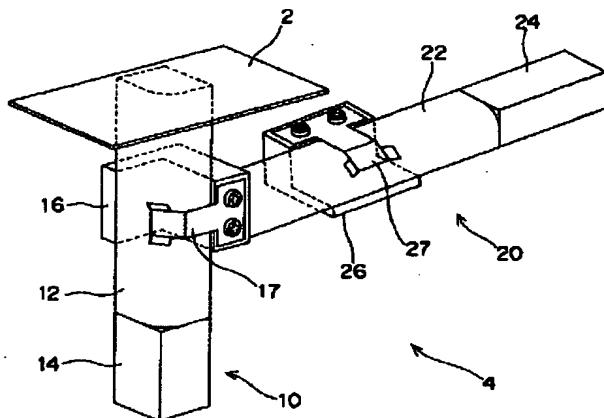
FF38 GG02

(54)【発明の名称】多自由度駆動機構

(57)【要約】

【課題】 簡単な構成で誤動作を防止することができる多自由度駆動機構を提供する。

【解決手段】 電気・機械変換素子14, 24がその一端に固定された駆動軸12, 22に被駆動部材16, 26が摩擦係合し、電気・機械変換素子14, 24により駆動軸12, 22に縦共振を起こして被駆動部材16, 26を駆動軸12, 22に沿って移動させることができる、少なくとも2つの第1及び第2のアクチュエータ10, 20を含む。第1のアクチュエータ10の被駆動部材16に、直接又は他のアクチュエータを介して、第2のアクチュエータ20の駆動軸22の他端が固定される。第1及び第2のアクチュエータ10, 20は、それぞれの駆動軸12, 22の共振周波数が互いに異なるように構成される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電気・機械変換素子と、該電気・機械変換素子がその一端に固定された駆動軸と、該駆動軸に摩擦係合する被駆動部材と備え、上記電気・機械変換素子により上記駆動軸に縦共振を起こして上記被駆動部材を上記駆動軸に沿って移動させることができる、少なくとも2つの第1及び第2のアクチュエータを含み、上記第1のアクチュエータの上記被駆動部材に、直接又は他のアクチュエータを介して、上記第2のアクチュエータの上記駆動軸の他端が固定された多自由度駆動機構において、

上記第1及び第2のアクチュエータは、それぞれの上記駆動軸の共振周波数が互いに異なるように構成されたことを特徴とする、多自由度駆動機構。

【請求項2】 上記各アクチュエータは、それぞれ、上記駆動軸の共振周波数又はその近傍の共振周波数帯域に含まれる駆動周波数で、上記電気・機械変換素子が駆動され、

上記第1のアクチュエータの上記駆動周波数は、上記第2のアクチュエータの上記駆動周波数が含まれる上記第2のアクチュエータの上記共振周波数帯域外にあり、上記第2のアクチュエータの上記駆動周波数は、上記第1のアクチュエータの上記駆動周波数が含まれる上記第1のアクチュエータの上記共振周波数帯域外にあることを特徴とする、請求項1記載の多自由度駆動機構。

【請求項3】 上記第1のアクチュエータを駆動する上記駆動周波数は、上記第2のアクチュエータの上記駆動周波数が含まれる上記第2のアクチュエータの上記共振周波数帯域とは次数が異なる上記第2のアクチュエータの上記共振周波数帯域外にあり、

上記第2のアクチュエータを駆動する上記駆動周波数は、上記第1のアクチュエータの上記駆動周波数が含まれる上記第1のアクチュエータの上記共振周波数帯域とは次数が異なる上記第1のアクチュエータの上記共振周波数帯域外にあることを特徴とする、請求項2記載の多自由度駆動機構。

【請求項4】 上記各共振周波数帯域は、当該共振周波数における最大振幅の $1/\sqrt{2}$ 倍以上の振幅を当該アクチュエータの駆動軸に与える当該共振周波数近傍の周波数を含むことを特徴とする、請求項1、2又は3記載の多自由度駆動機構。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、多自由度駆動機構に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 駆動軸の一端を固定し、その他端に電気・機械変換素子を結合し、電気・機械変換素子により駆動軸に縦共振を起こし、駆動軸にばね係合するスライダーを駆動軸に沿って駆動するアクチュエータが提案され

ている。この種のアクチュエータは、電気・機械変換素子と反対側を固定するので固定部を強くでき、複数組み合わせて多自由度駆動機構を構成する場合に好適である。例えば、第1のアクチュエータのスライダーに、第2のアクチュエータの駆動軸の一端を固定すれば、第1及び第2のアクチュエータの電気・機械変換素子により、第2のアクチュエータのスライダーを、2自由度で駆動することができる（例えば、特願2000-280288、未公開）。

## 10 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、同じアクチュエータを連結して使用すると、あるアクチュエータの駆動によって生じた振動が他のアクチュエータに伝達され、他のアクチュエータの電気・機械変換素子が駆動されていないにもかかわらず、他のアクチュエータのスライダーが動くという誤動作が起きた場合があった。

20 【0004】 このような誤動作を防止するため、アクチュエータを連結する際に、スライダーと駆動軸との間に緩衝部材を挿入する方法も考えられる。しかし、緩衝部材を挿入すると構成が複雑になり、駆動機構全体としての剛性の低下や部品コスト、組立コストの増加などを招く。

【0005】 したがって、本発明が解決しようとする技術的課題は、簡単な構成で誤動作を防止することができる多自由度駆動機構を提供することである。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明は、上記技術的課題を解決するために、以下の構成の多自由度駆動機構を提供する。

30 【0007】 多自由度駆動機構は、電気・機械変換素子と、該電気・機械変換素子がその一端に固定された駆動軸と、該駆動軸に摩擦係合する被駆動部材と備え、上記電気・機械変換素子により上記駆動軸に縦共振を起こして上記被駆動部材を上記駆動軸に沿って移動させることができる、少なくとも2つの第1及び第2のアクチュエータを含み、上記第1のアクチュエータの上記被駆動部材に、直接又は他のアクチュエータを介して、上記第2のアクチュエータの上記駆動軸の他端が固定されたタイプのものである。上記第1及び第2のアクチュエータは、それぞれの上記駆動軸の共振周波数が互いに異なるように構成される。

40 【0008】 上記構成において、アクチュエータは、駆動軸に縦共振を起こすような駆動周波数で電気・機械変換素子を適宜に駆動すると、駆動軸が例えば伸びと縮みで異なる速度で振動し、駆動軸に摩擦係合する被駆動部材が駆動軸に沿って移動する。電気・機械変換素子は、例えば、圧電素子、磁歪素子、電歪素子、静電アクチュエータ等のように、電気エネルギー（例えば、電圧、電流、電界、電荷、静電気、磁界等）を機械エネルギー（例えば、伸縮、膨張、湾曲、ねじれ等の変形やひずみ）

み)に変換することができる素子である。

【0009】上記構成によれば、第1及び第2のアクチュエータの共振周波数に適宜な差を設け、一方のアクチュエータを駆動したとき、一方のアクチュエータの振動によって、他方のアクチュエータの駆動軸に振動が生じないようにして、誤動作を防止することができる。共振周波数に差を設けるには、例えば、駆動軸の長さ、密度、弾性係数、減衰係数に差を設けたり、電気-機械変換素子の質量に差を設ける等、アクチュエータ自体の構成が同一とならないようにするだけよく、緩衝部材のような特別な部材は必要ない。

【0010】したがって、簡単な構成で誤動作を防止することができる。

【0011】好ましくは、上記各アクチュエータは、それぞれ、上記駆動軸の共振周波数又はその近傍の共振周波数帯域に含まれる駆動周波数で、上記電気-機械変換素子が駆動される。上記第1のアクチュエータの上記駆動周波数は、上記第2のアクチュエータの上記駆動周波数が含まれる上記第2のアクチュエータの上記共振周波数帯域外にある。上記第2のアクチュエータの上記駆動周波数は、上記第1のアクチュエータの上記駆動周波数が含まれる上記第1のアクチュエータの上記共振周波数帯域外にある。

【0012】各アクチュエータの駆動周波数は、できるだけ駆動軸の共振が大きくなる次数の共振点を選択し、その共振点又はその近傍に設定すれば、効率的にアクチュエータを駆動することができる、しかし、その場合、他のアクチュエータからの振動によって共振しやすくなる。上記構成によれば、アクチュエータの駆動周波数同士が互いに近付かないで、一方のアクチュエータの駆動により他方のアクチュエータが誤動作することを防止できる。

【0013】好ましくは、上記第1のアクチュエータを駆動する上記駆動周波数は、上記第2のアクチュエータの上記駆動周波数が含まれる上記第2のアクチュエータの上記共振周波数帯域とは次数が異なる上記第2のアクチュエータの上記共振周波数帯域外にある。上記第2のアクチュエータを駆動する上記駆動周波数は、上記第1のアクチュエータの上記駆動周波数が含まれる上記第1のアクチュエータの上記共振周波数帯域とは次数が異なる上記第1のアクチュエータの上記共振周波数帯域外にある。

【0014】一方のアクチュエータの駆動周波数が、他方のアクチュエータの駆動周波数を含む共振周波数帯域に含まれていなくても、他方のアクチュエータの他の次の共振周波数帯域に含まれていると、他方のアクチュエータが誤動作する場合がある。上記構成によれば、アクチュエータの駆動周波数が、他の次の共振周波数帯域に含まれないので、誤動作をより確実に防止することができる。

【0015】ところで、上記各構成において、共振周波数帯域の幅は、次数ごとに適宜に決めることができる。

【0016】好ましくは、上記各共振周波数帯域は、当該共振周波数における最大振幅の $1/\sqrt{2}$ 倍以上の振幅を当該アクチュエータの駆動軸に与える当該共振周波数近傍の周波数を含む。

【0017】上記構成において、共振周波数帯域では、振幅が最大振幅の $1/\sqrt{2}$ 倍以上となり、振動エネルギーは共振点の半分以上になる。上記構成によれば、共振周波数帯域の幅は、共振が鋭い場合には狭く、鋭くない場合には広く設定することができる。したがって、共振周波数帯域の幅を、共振の鋭さに応じて、定量的かつ合理的に設定することができる。

#### 【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図1及び図2を参照しながら説明する。

【0019】まず、本発明の実施の形態として一実施例を図1に基づいて説明する。

【0020】多自由度駆動機構4は、2つのアクチュエータ10, 20を直接連結した2自由度駆動機構である。

【0021】固定部2には、第1のアクチュエータ10の駆動軸12の基端が固定される。例えば、接着剤や、ねじや圧入などの機械的な方法や、溶接により、固定される。駆動軸12の先端には、電気-機械変換素子14が固定される。駆動軸12には、スライダー16が摩擦係合し、駆動軸12に沿って移動できるようになっている。すなわち、スライダー16にねじ止めされた板ばね17の付勢力によって、スライダー16の二つの面が駆動軸22の二つの面に摺動自在に圧着し、スライダー16の位置が保持されるようになっている。

【0022】スライダー16の側面には、第1のアクチュエータと同様に構成された第2のアクチュエータ20が固定される。すなわち、第2のアクチュエータ20の駆動軸22の基端が固定される。駆動軸22の先端には、電気-機械変換素子24が固定されている。駆動軸22には、板ばね27によりスライダー26が、摩擦係合するようになっている。

【0023】詳しくは後述するように、電気-機械変換素子14, 24にそれぞれ適宜な駆動パルスを印加することにより、スライダー16, 26を独立して移動させることができる。

【0024】第1のアクチュエータ10のスライダー16の移動方向に対して、第2のアクチュエータ20のスライダー26は異なる方向に移動するため、第1のアクチュエータ10と第2のアクチュエータ20を駆動することにより、第2のアクチュエータ20のスライダー26を、2自由度で動かすことができる。

【0025】同様にアクチュエータを付加していくことで、さらに自由度を増やした駆動機構を構成することが

できる。

【0026】図2は、変形例の多自由度駆動機構6を示す。多自由度駆動機構6は、3つのアクチュエータ30, 40, 50を連結した3自由度駆動機構である。

【0027】各アクチュエータ30, 40, 50は、同様に構成され、駆動軸32, 42, 52の先端に、それぞれ電気-機械変換素子34, 44, 54が固定されている。各駆動軸32, 42, 52には、板ばね37, 47, 57(不図示)をねじ止めしたスライダー36, 46, 56が、板ばね37, 47, 57(不図示)の力によって、それぞれ摩擦係合するようになっている。

【0028】固定部2には、固定側のアクチュエータ30の駆動軸32の基端が固定される。固定側のアクチュエータ30のスライダー36の側面には、中間のアクチュエータ40の駆動軸42の基端が固定される。中間のアクチュエータ40のスライダー46の側面には、駆動側のアクチュエータ50の駆動軸52の基端が固定される。つまり、固定側および駆動側のアクチュエータ30, 50は、中間のアクチュエータ40を介して、結合されている。

【0029】上記多自由度駆動機構4, 6において、各アクチュエータ10, 20, 30, 40, 50の電気-機械変換素子14, 24, 34, 44, 54に適宜な駆動パルスを印加し、駆動軸12, 22, 32, 42, 52に伸びと縮みで速度が異なる軸方向の振動を起こすことにより、スライダ16, 26, 36, 46, 56を移動させることができる。例えば、駆動軸12, 22, 32, 42, 52が相対的に緩やかに変位するとき、その変位によりスライダ16, 26, 36, 46, 56が動き、駆動軸12, 22, 32, 42, 52が逆方向に相対的に急激に変位するとき、スライダ16, 26, 36, 46, 56が実質的に静止した状態で、スライダ16, 26, 36, 46, 56と駆動軸12, 22, 32, 42, 52との間に滑りが生じ、これを繰り返すことで、駆動軸12, 22, 32, 42, 52に沿ってスライダ16, 26, 36, 46, 56が移動する。

【0030】駆動パルスとしては、例えば、緩やかな立上がり(又は立下り)と急激な立下り(又は立上がり)からなる鋸歯状波形や、適宜なデューティ比の矩形波形の電圧を印加する。

【0031】個々のアクチュエータ10, 20, 30, 40, 50は、それぞれの系(すなわち、一つの駆動軸の基端が固定され、その駆動軸の先端に電気-機械変換素子が固定された系)において、アクチュエータ10, 20, 30, 40, 50の駆動軸12, 22, 32, 42, 52が共振する周波数又はその近傍の周波数で電気-機械変換素子14, 24, 34, 44, 54を変形させることにより、駆動できる。

【0032】個々のアクチュエータ10, 20, 30, 40, 50は、それぞれの構成によって、それぞれの系

での共振周波数が決まる。他のアクチュエータの駆動による振動で誤動作が生じないようにするには、共振周波数が適宜に離れるように、各アクチュエータ10, 20, 30, 40, 50を構成し、駆動周波数を選択すればよい。例えば、駆動軸12, 22の形状(長さ、太さ等)や材質(密度、弾性係数、減衰係数等)に差を設けたり、電気-機械変換素子16, 18, 34, 44, 54の質量に差を設けたりする。駆動周波数は、アクチュエータ10, 20, 30, 40, 50の構成、仕様により最適な次数の共振周波数又はその近傍の周波数を選択することができる。

【0033】このように、周波数差を設けるようにアクチュエータ10, 20, 30, 40, 50自体を構成すると、緩衝部材のような部品の付加や、部品付加に伴なう組み立て作業が不要であり、機構の剛性が下がることもない。

【0034】ところで、周波数の差は大きい方が誤動作の防止には有効であるが、アクチュエータの形状や構成、仕様に制限を加えるため、必要以上に差を大きくするのではなく。

【0035】誤動作を防ぐのに必要な周波数の差は、アクチュエータの駆動軸の共振の鋭さに応じて変わる。共振が鋭い場合は、小さい周波数差で誤動作を防止でき、共振が鋭くない場合は、より大きな周波数差を設ける必要がある。

【0036】共振の鋭さを表す量として次式で定義されるQ係数がある。 $Q = \omega_n / (\omega_2 - \omega_1)$  … (1)ここで、 $\omega_n$ は振動系の共振周波数、 $\omega_1$ は $\omega_n$ から強制振動の周波数を下げていって振動振幅が共振点での振幅の $1/\sqrt{2}$ になる周波数、 $\omega_2$ は $\omega_n$ から強制振動の周波数を上げていって振動振幅が共振点での振幅の $1/\sqrt{2}$ になる周波数である。このように、最大振幅の $1/\sqrt{2}$ の振幅を与える点をハーフ・パワー・ポイントと称し、振動エネルギーは共振点の半分になる。 $\omega_n$ が同じでも、共振が鋭い場合は $\omega_2 - \omega_1$ が小さくなり、共振が鋭くない場合には $\omega_2 - \omega_1$ が大きくなる。

【0037】アクチュエータの駆動軸の共振点からハーフ・パワー・ポイントにかけては、強制振動に対しての振幅は急激に下がり、ハーフ・パワー・ポイントを過ぎると、振幅の下がり方は緩やかになる。したがって、アクチュエータ間に駆動軸の共振周波数差を設けて誤動作を防ぐ場合、アクチュエータの駆動周波数が、他のアクチュエータの共振点の両側のハーフ・パワー・ポイントの間の周波数(ハーフ・パワー・ポイント間の共振周波数帯域)に含まれないようにするのが有効である。

【0038】このように周波数差を設定することにより、アクチュエータの形状や構成、仕様に必要以上に制限を加えることなく、誤動作を防ぐことができる。

【0039】アクチュエータ中の駆動軸の共振周波数は、1次モードから高次モードまで複数個あるが、各ア

クチュエータの駆動軸の任意モード共振周波数に対して上記周波数差を設ける。

【0040】隣り合わないアクチュエータ間においては、伝達される振動が減衰するため上記周波数差を設けないで多自由度駆動機構を構成することも可能である。

【0041】以上説明したように、アクチュエータ10, 20; 30, 40, 50間の共振周波数に差を設けるという簡単な構成で、多自由度駆動機構4, 6の誤動作を防止することができる。

【0042】なお、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その他種々の態様で実施可能である。

【0043】

【実施例】図2の多自由度駆動機構4について、具体的な構成を以下に示す。

【0044】駆動軸32, 42, 52は、カーボンファイバーを50体積%含有の繊維強化樹脂を用いて、角柱形状に形成した。ばねと係合する一つの角は半径2.5mmの曲面に形成している。駆動軸32, 42, 42の寸法は、それぞれ、4.5mm×4.5mm×40mm、3.5mm×3.5mm×20mm、3.5mm×3.5mm×25mmである。駆動軸32, 42, 52のヤング率は金属（鉄）の約0.7倍であり、密度は電気-機械変換素子34, 44, 54の約1/4倍である。

【0045】電気-機械変換素子34, 44, 54には、圧電材料としてPZT〔Pb(Zr, Ti)O<sub>3</sub>〕を用いる積層型の圧電素子、すなわちピエゾ素子を用いた。電気-機械変換素子34, 44, 54の断面は正方形である。寸法は、それぞれ、6mm×6mm×10mm、3mm×3mm×5mm、3mm×3mm×5mmである。電気-機械変換素子34には約70kHz、電気-機械変換素子44には約120kHz、電気-機械変換素子54には約100kHzの駆動周波数の駆動パルスを印加することにより、他のアクチュエータを誤動作させることなく、各アクチュエータ30, 40, 50をそれぞれ駆動することができた。

【0046】図4は、各アクチュエータ30, 40, 50の振動特性の測定結果を示す。

【0047】振動特性は、各アクチュエータ30, 40, 50ごとに測定した。すなわち、図3に示すように、スライダーを取り外したアクチュエータ70について、電気-機械変換素子74を上にして駆動軸72の下端を接地させて取り付け、電気-機械変換素子74と駆動軸72の境界にL型の反射部材77を配置し、その反射面77上に、矢印78で示すように、上方からレーザを照射し、軸方向の振幅をドップラー計測した。

【0048】図4では、各アクチュエータ30, 40, 50の振動特性曲線38, 48, 58の高さを揃えるため、縦軸を振幅相対値で示している。符号39a, 39b; 49a, 49b; 59a, 59bは、主な共振点

（1次及び2次の共振点）の両側のハーフ・パワー・ポイント間の共振周波数帯域、すなわち振幅が共振点の最大振幅の1/√2倍以上となる周波数帯域（以下、「主な共振周波数帯域」と呼ぶ）を示す。

【0049】固定側のアクチュエータ30は、1次の共振点39付近の周波数で駆動した。中間及び駆動側のアクチュエータ40, 50は、2次の共振点49, 59付近の周波数で駆動した。

【0050】図4から明らかなように、固定側のアクチュエータ30の駆動周波数（約70kHz）は、隣接する中間のアクチュエータ40の主な共振周波数帯域49a, 49bから離れている。同様に、中間のアクチュエータ40の駆動周波数（約120kHz）は、隣接する固定側及び駆動側のアクチュエータ30, 50の主な共振周波数帯域39a, 39b; 59a, 59bから離れている。同様に、駆動側のアクチュエータ50の駆動周波数（約100kHz）は、隣接する中間のアクチュエータ40の主な共振周波数帯域49a, 49bから離れている。

【0051】さらに、固定側のアクチュエータ30の駆動周波数（約70kHz）は、隣接しない駆動側のアクチュエータ50の主な共振周波数帯域59a, 59bからも離れている。同様に、駆動側のアクチュエータ50の駆動周波数（約100kHz）は、隣接しない固定側のアクチュエータ30の主な共振周波数帯域39a, 39bからも離れている。

【0052】なお、さらに高次の共振点では振動特性曲線が急峻ではなく、アクチュエータを駆動することができないので、誤動作を考慮する必要もない。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例に係る多自由度駆動機構の斜視図である。

【図2】 変形例の多自由度駆動機構の斜視図である。

【図3】 振動特性の測定方法の説明図である。

【図4】 図2の多自由度駆動機構の振動特性を示す図である。

#### 【符号の説明】

##### 4, 6 多自由度駆動機構

10 アクチュエータ（第1のアクチュエータ）

##### 40 駆動軸

14 電気-機械変換素子（電気-機械変換素子）

16 スライダー（被駆動部材）

17 ばね

20 アクチュエータ（第2のアクチュエータ）

##### 22 駆動軸

24 電気-機械変換素子（電気-機械変換素子）

26 スライダー（被駆動部材）

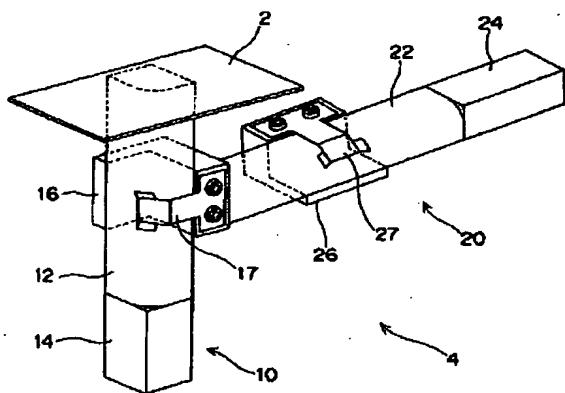
27 ばね

30 アクチュエータ（第1のアクチュエータ）

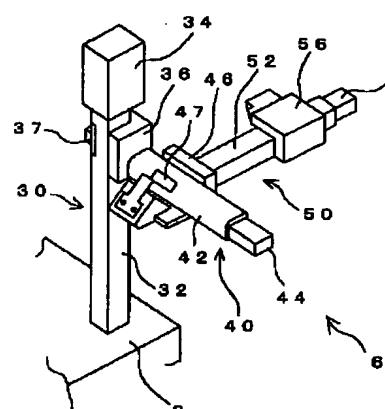
##### 50 アクチュエータ（他のアクチュエータ）

## 50 アクチュエータ(第2のアクチュエータ)

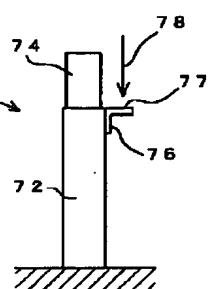
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

